قياسات وأجهزة

المدخل الى القياسات الكهربائية والإلكترونية

المدخل الى القياسات الكهربائية والإلكترونية

١

الجدارة: تعريف المتدرب بالمبادئ العامة لعمليات القياس.

الأهداف العامة للوحدة الأولى: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون للمتدرب القدرة على:

- معرفة النظم المرجعية التي تصف وحدات القياس.
- معرفة أنواع الوحدات الكهربائية المختلفة.
- معرفة أنواع الأخطاء المختلفة في عملية القياس.
- كيفية عمل التحليل الإحصائي للأخطاء في عملية القياس.
- معرفة عناصر أجهزة القياس الإلكترونية.
- كيفية اختيار واستخدامة العناية بأجهزة القياس.

مستوى الأداء المطلوب: أن يتقن المتدرب التعامل مع تحليل القياسات بنسبة ١٠٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب: أربع ساعات.

الوسائل المساعدة:

- وسائل العرض المرئية.
- مختبر القياسات.والأجهزة.

متطلبات الجدارة: تعلم جميع الجدارات لأول مرة.

الأهداف العامة للوحدة الأولى

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

- معرفة النظم المرجعية التي تصف وحدات القياس.
- معرفة أنواع الوحدات الكهربائية المختلفة.
- معرفة أنواع الأخطاء المختلفة في عملية القياس.
- كيفية عمل التحليل الإحصائي للأخطاء في عملية القياس.
- معرفة عناصر أجهزة القياس الإلكترونية.
- كيفية اختيار واستخدام والعناية بأجهزة القياس.

١- ١ مقدمة Introduction

في هذه الوحدة سوف نقدم للمتدرب بعض المعايير القياسية المرجعية الخاصة بالقياسات بالإضافة إلى بعض التعريفات الخاصة بعمليات القياس وكذلك تعريف المتدرب بمصادر الخطأ وتعريفه كذلك بالطرق التحليلية المستخدمة في تحليل نتائج القياسات.

وسوف نبدأ بالتعرض لبعض المفاهيم العلمية الخاصة بالقياسات.

١- ٢ مفاهيم عامة General Concepts

عملية القياس: هي عملية تقييم الكمية المقاسة بالنسبة إلى كمية مرجعية متفق عليها.

ولإجراء عملية القياس فإنه لابد من وجود الآتي:

(١) كمية مقاسة measured quantity

(٢) نظام مرجعي Standard system

(٣) أجهزة مستخدمة measuring instruments

(٤) تقنية متبعة measuring technology

وسوف نتناول كلاً من هذه المفاهيم بشيء من التفصيل:

(١) كمية مقاسة: وهي الكمية الفيزيائية المراد تقييمها وقد تكون طول أو وزن أو قوة أو درجة حرارة أو معدل تدفق أو تيار كهربائي أو جهد كهربائي أو..........إلخ.

(٢) نظام مرجعي: وهو النظام المتعارف عليه الذي يصف وحدات القياس.

وهناك أربعة أنظمة مرجعية مختلفة وهي كما يلي:

(أ) النظام المرجعي المعياري الدولي The international standards system

وهو النظام المتعارف عليه بالإجماع الدولي وهو يصف الوحدات المتفق عليها دولياً. وهذه الوحدات موجود نماذج لها بالمكتب الدولي للأوزان والقياسات بباريس وهي تقيم وتعاير بصفة دورية عن طريق قياسات مطلقة باستخدام الطرق الفيزيائية الأساسية.

(ب) النظام المرجعي المعياري الابتدائي The primary standards system

وهو النظام المتعارف عليه قومياً أو وطنياً في الدول المختلفة، وهو قابل للتطبيق فقط داخل حدود كل دولة وهي المسؤولة عن معايرته و حفظه مثل النظام الإنجليزي والنظام الفرنسي. وأساس وظيفة هذا النظام هو معايرة وتحقيق النظم المرجعية المعيارية الثانوية.

(ج) النظام المرجعي المعياري الثانوي The secondary standards system

وهو المرجع المعياري الأساسي المستخدم في الصناعة ومعامل المعايرة الخاصة بالصناعة. وكل مختبر صناعي مسؤول كلياً عن النظام المرجعي المعياري الثانوي الخاص به من حيث المعايرة وضبط وحدات القياس. وكل مختبر صناعي يرسل بطريقة دورية نظامه المرجعي المعياري الثانوي إلى النظام المرجعي المعياري الوطني (الابتدائي) لمعايرته واختباره ويعاد مرة أخرى إلى المعمل الصناعي مع شهادة بمدى دقة هذا النظام بالنسبة للنظام المرجعي الوطني.

(د) النظام المرجعي المعياري للعمل The working standard

وهو عبارة عن أدوات أساسية لمعمل القياسات. وهي تستخدم لمراجعة ومعايرة أجهزة القياس المستخدمة في المعمل أو لعمل قياسات مقارنة في التطبيقات الصناعية.

(٣) أجهزة مستخدمة: وهي الأدوات التي يمكن من خلالها تقييم الكمية المقاسة بمقارنتها بالكمية المرجعية حسب نظام الوحدات التابع للنظام المرجعي المعياري المتبع.

(٤) تقنية متبعة: وهي التقنية المتبعة في تقييم الكمية المقاسة ومدى دقة هذا التقييم

١- ٣ أجهزة القياس الكهربائية والإلكترونية Electrical And Electronic Instruments

من أكثر أجهزة القياس تطوراً هي أجهزة القياسات الكهربائية والإلكترونية حيث تطور الأداء بشكل ملحوظ مع تطبيق تقنية أشباه الموصلات و تطور أكثر مع تطبيق التقنية الرقمية. حيث لم يكن هناك إلى فترة زمنية قريبة سوى أجهزة القياس الكهربائية التماثلية ذات القلب المتحرك ومؤشر وتدريج، وتدل زاوية انحراف المؤشر على قيمة الكمية الكهربائية المقاسة (تماثلها) ومن هنا جاءت تسمية (تماثلية). أما النوع الآخر من أجهزة القياس فهي الأجهزة الإلكترونية الخالية من الحركة والتدريج والمؤشر فهي أجهزة إستاتيكية وتقنية القياس المستخدمة بها مختلفة عن تلك المستخدمة في أجهزة القياس التماثلية، حيث تظهر نتائج القياس على شاشة رقمية عشرية، ومن هنا جاءت تسميتها بأجهزة القياس الرقمية، التي سوف نتناولها بالتفصيل في الوحدة الثالثة.

١- ٣- ١ وظائف وخصائص أنظمة القياس الكهربائية والإلكترونية

Functions and Characteristics of Electrical and Electronic Instruments

الوظيفة الأساسية لأنظمة القياس الكهربائية والإلكترونية هي إعطاء معلومات عن الكمية المقاسة. وبجانب إعطاء معلومات مرئية عن الكمية المقاسة فإن بعض هذه الأنظمة تقوم بتخزين تلك المعلومات، التي يمكن استخدامها كقاعدة للبيانات. بالإضافة إلى ذلك، فإن أنظمة التحكم الآلي

تعتمد بنسبة ١٠٠٪ على أنظمة القياس الكهربائية والإلكترونية..وتمتاز أجهزة القياس الإلكترونية، برغم ارتفاع سعرها عن نظيراتها الكهربائية، بإمكانية تكبير الإشارة الكهربائية المراد قياسها عن طريق مكبر الإشارات (amplifier) حيث إنه بذلك يضيف إلى مثل هذه الأجهزة ميزة حساسية القياس المرتفعة.

١- ٣- ١- ١ الوحدات الكهربائية Electrical Units

لأن أجهزة القياسات الكهربائية والإلكترونية في الأساس يمكننا قياس كميات كهربائية، فإنه من الأهمية في البداية أن نناقش الوحدات الكهربائية. ولأن علم القياسات يتعلق بالكميات، فإنه يجب أولا تحديد نظام الوحدات المتبع قبل الدخول إلى تقييم الكميات المقاسة. وسوف نتعرض إلى ست من الكميات الكهربائية تستخدم باستمرار في القياسات الكهربائية وهي:

(١) الشحنة الكهربائية (Q)
(٢) التيار الكهربائي (I)
(٣) القوة الدافعة الكهربائية أو فرق الجهد (V)
(٤) المقاومة (R)
(٥) معامل الحث الذاتي (L)
(٦) السعة (C)

جدول رقم (١- ١) يبين هذه الكميات الرئيسة وكذلك الكميات المستنتجة، استناداً إلى الكميات الأساسية لنظام الوحدات الدولي.

الكمية	رمزها	الوحدة	رمزها
الوحدات الأساسية:			
الطول (Length)	l	متر (meter)	m
الكتلة (Mass)	m	كيلوجرام (kilogram)	kg
الزمن (Time)	t	ثانية (second)	s
درجة الحرارة (Temperature)	T	درجة كلفن (degree Kelvin)	°K
شدة الاستضاءة (Luminous intensity)		شمعة (candela)	cd
التيار الكهربائي (Electric current)	i	أمبير (Ampere)	A
الوحدات المستنتجة:			
القوة الدافعة الكهربائية (Electromotive force)	V	فولت (Volt)	V
كمية الشحنة (Quantity of charge)	Q	كولوم (Coulomb)	C
المقاومة الكهربائية (Electrical resistance)	R	أوم (Ohm)	Ω
السعة (Capacitance)	C	فاراد (Farad)	F
معامل الحث الذاتي (Inductance)	L	هنري (Henry)	H

جدول رقم (١- ١) الكميات الكهربائية

١- ٤ مصادر الأخطاء في عملية القياسات Error Sources in Measurements

لما كانت عملية القياس هي عملية تقييم كمي للكمية المقاسة مقارنة بنظام وحدات معينة عن طريق جهاز قياس، فإن عملية التقييم هذه تعتمد بشكل أو بآخر على عدة عوامل منها:

(١) عوامل تتعلق بجهاز القياس (Instrumental Error) مثل:

(أ) نوع الجهاز: (كهربائي - إلكتروني - رقمي)

(ب) دقة الجهاز: (مدى قدرة الجهاز على القراءة الدقيقة وقربها من القراءة الواقعية)

(ت) حالة الجهاز: (سليم – متهالك)

(ث) عمر الجهاز: (قديم – جديد)

(٢) عوامل تتعلق بالشخص المستخدم للجهاز (Gross Error) مثل:

(أ) دقة نظر الشخص

(ب) اعتناء الشخص بعملية القياس

(ت) اختيار الشخص لمدى القياس المناسب ومراعاة ذلك

(٣) عوامل خارجية (Environmental Error)

(أ) العوامل الجوية المختلفة من: درجة الحرارة والضغط الجوي ونسبة الرطوبة وخلافه

(ب) ظروف التشغيل المختلفة مثل: قرب جهاز القياس من الكمية المراد قياسها وعدم تأثر الإشارة الكهربائية المقاسة بأطراف التوصيل أو طول أسلاك التوصيل أو وقوع الجهاز في حيز مجال مغناطيسي أو مجال كهربائي وخلافه.

ولهذا فمن المتوقع أن تكون القيمة المقاسة متغيرة من جهاز لآخر ومن شخص لآخر وتبعا لظروف القياس من عوامل خارجية، ولهذا فإنه من الصعب الحصول على القيمة الحقيقية للقياس ولكن في هذه الحالة يستخدم تعبير القيمة المتوقعة للقياس (Expected Value) بدلا من تعبير القيمة الحقيقية. ولأن القيمة المقاسة غالباً ما تختلف عن القيمة المتوقعة، فإن هذا الفارق يسمى بالخطأ (Error) في القياس.
هذا الخطأ في عملية القياس يتم التعبير عنه بإحدى طريقتين: إما يعبر عنه بصورة مطلقة ويسمى بالخطأ المطلق (Absolute Error) أو كنسبة مئوية ويسمى بالنسبة المئوية للخطأ (Percentage Error).

الخطأ المطلق للقياس Absolute Error (e_{ab})

هو الفارق ما بين القيمة المتوقعة للقياس والقيمة المقاسة فعلياً.

ويمكن تمثيل هذه العلاقة رياضياً كما يأتي:

$$e_{ab} = Y_n - X_n \qquad (١- ١)$$

حيث:

e_{ab} : الخطأ المطلق

Y_n : القيمة المتوقعة للقياس

X_n : القيمة المقاسة فعلياً

الخطأ النسبي Relative Error (e_r)

النسبة بين الخطأ المطلق للقياس والقيمة المتوقعة للقياس.

ويمكن تمثيل هذه العلاقة رياضياً كما يأتي:

$$(e_r) = \frac{e_{ab}}{Y_n} = \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \qquad (١- ٢)$$

النسبة المئوية للخطأ Percentage Error ($e_{\%}$)

هي النسبة بين الخطأ المطلق للقياس والقيمة المتوقعة للقياس كنسبة مئوية.

ويمكن تمثيل هذه العلاقة رياضياً كما يأتي:

$$(e_{\%}) = \frac{e_{ab}}{Y_n} \times 100\,\% = \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \times 100\,\% \qquad (١- ٣)$$

ويمكن أيضا تعريف دقة القياس كما يأتي:

دقة القياس Accuracy

هي مدى تطابق القيمة المقاسة بالقيمة المتوقعة.

الدقة النسبية Relative Accuracy (A_r)

الدقة النسبية للقياس (A_r) هي النسبة بين القيمة المقاسة والقيمة المتوقعة للقياس.

ويمكن تمثيل الدقة النسبية للقياس (A_r) رياضياً كما يأتي:

$$A_r = \frac{X_n}{Y_n} = 1 - \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| = 1 - e_r \qquad (١- ٤)$$

حيث:

A_r: الدقة النسبية للقياس.

النسبة المئوية لدقة القياس Percentage Accuracy ($a_{\%}$)

النسبة المئوية لدقة للقياس ($a_{\%}$) هي النسبة بين القيمة المقاسة والقيمة المتوقعة للقياس كنسبة مئوية.

$$a_{\%} = \frac{X_n}{Y_n}\% = 100\% - \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \times 100\% \qquad (١- ٥)$$

$$a_{\%} = 100\% - \text{Percentage Error} = 100\% - e_{\%} \qquad (١- ٦)$$

حيث:

$a_{\%}$:النسبة المئوية لدقة القياس

مثال رقم (١- ١)

قام متدرب بالمختبر بقياس جهد على طرفي مقاومة فكانت القيمة المقاسة تساوي 49 V ، إذا كانت القيمة المتوقعة للجهد حسب الحسابات النظرية تساوي 50 V ، احسب:

(أ) الخطأ المطلق

(ب) النسبة المئوية للخطأ

(ج) الدقة النسبية

(د) النسبة المئوية للدقة

الحل:

(أ) الخطأ المطلق e_{ab}:

$$e_{ab} = Y_n - X_n = 50 - 49 = 1 \text{ volt}$$

(ب) النسبة المئوية للخطأ $e_{\%}$:

$$e_{\%} = \frac{e_{ab}}{Y_n} \times 100\ \% = \left| \frac{50\ V - 49\ V}{50\ V} \right| \times 100\ \% = 2\ \%$$

(ج) الدقة النسبية A_r:

$$A_r = 1 - \left| \frac{50\ V - 49\ V}{50\ v} \right| = 1 - \frac{1}{50} = 0.98$$

(د) النسبة المئوية للدقة $a_{\%}$:

$$a_{\%} = 100\% - e_{\%} = 100\% - 2\ \% = 98\ \%$$

وطبقاً لتقنية القياس يمكن إجراء القياس الواحد عدة مرات وخاصة إذا لم يكن هناك قيمة متوقعة للكمية المقاسة. ويمكن تعريف دقة القياس في هذه الحالة (Precision) بأنها مدى قرب القراءة الواحدة لمجموعة من القراءات المتكررة لنفس الكمية المقاسة من متوسط هذه القراءات.

ويمكن أيضاً هنا استبدال القيمة المتوقعة بالقيمة المتوسطة، أو المتوسط الرياضي للقياسات. .ويمكن وصف هذه العلاقة رياضياً كما يلي:

$$(\text{Precision})_i = 1 - \left| \frac{X_i - \overline{X_n}}{\overline{X_n}} \right| \qquad (1-7)$$

حيث:

$(\text{Precision})_i$: دقة القياس للقراءة رقم (i)

X_i : قيمة القراءة رقم (i)

$\overline{X}_n$: المتوسط الحسابي لمجموعة من القراءات عددها(n)

مثال رقم (١- ٢)

قام عشرة متدربين بقياس جهد كهربائي باستخدام فولتميتر تماثلي وسجلت القراءات في الجدول التالي:

رقم القراءة	قيمة القراءة V_i (volts)
1	98
2	102
3	101
4	97
5	100
6	103
7	98
8	106
9	107
10	99

جدول رقم (١- ٢) بيانات مثال رقم (١- ٢)

احسب النسبة المئوية لدقة القياس (Precision) للقراءة رقم (٤): ($P_4\%$).

الحل:

بتطبيق القانون رقم (١- ٧):

$$P_i\ \% = 100\% - \left|\frac{V_i - \overline{V}}{\overline{V}_n}\right| \times 100\%$$

حيث n هو عدد القراءات وهو هنا يساوي ١٠ قراءات

وبما أن القراءة المطلوب حساب دقتها هي القراءة رقم (٤)، إذن: $i = 4$

$\overline{X}_{10}$ هو المتوسط الحسابي للقراءات العشر، وهو ما يمكن حسابه كالآتي:

$$\overline{X} = \frac{98 + 102 + 101 + 97 + 100 + 103 + 98 + 106 + 107 + 99}{10} = 101.1$$

$$P_4\% = 100\% - \left|\frac{97 - \overline{101.1}}{101.1}\right| \times 100\% = 95.94\%$$

١- ٥ التحليل الإحصائي للأخطاء في عمليات القياس

Statistical Analysis of Errors in Measurements

عند إجراء عملية قياس لأي كمية فيزيائية، فإن عملية القياس تتأثر بالعديد من العوامل المختلفة. كمثال، حين إجراء عملية قياس للمقاومة الكهربائية لموصل ما (قطعة من السلك مثلا)، فإن العديد من العوامل سوف تؤثر على القيمة التي سوف نحصل عليها. (بعض هذه العوامل ذات أهمية أكبر من العوامل الأخرى). والعوامل المأخوذة في الاعتبار تتضمن: عوامل ثابتة مثل: درجة نقاء المادة المصنوع منها الموصل، وطول الموصل ومساحة مقطعة، والعوامل الميكانيكية المؤثرة على الموصل أثناء عملية تصنيعه مثل الشد الذي تعرض له الموصل أو المعالجة الحرارية أثناء عملية التصنيع، وعوامل متغيرة مثل: درجة حرارة الموصل، وتوزيع التيار على مسار طول الموصل.

وإذا كان معلوماً، بأي درجة يؤثر كل من هذه العوامل بمفرده على قيمة القياس، يمكن تفسير الاختلافات التي تحدث بين القراءات في حالة تكرار القياس عدة مرات وكيف أنه من الصعب تثبيت هذه العوامل كلها أثناء تكرار القياس.

وتغير هذه العوامل بطريقة عشوائية وقت القياس يؤدي إلى نتائج قياس مختلفة. وتكون الاحتمالات متساوية أن تكون القياسات أقل من القيمة المتوقعة أو أكثر منها. ولهذا لابد من تحليل بيانات القياس تحليلاً إحصائياً لإجراء تقييم كمي لعملية القياس، ولإعطاء تصور أو حكم دقيق على المتغيرات والأخطاء. والأدوات المستخدمة لهذا التحليل الإحصائي هي:

المتوسط الحسابي (arithmetic mean)، والانحراف المتوسط (Average deviation) والانحراف المعياري (Standard deviation).

١- ٥- ١ القيمة المتوسطة أو المتوسط الحسابي Average value (arithmetic mean)

القيمة المتوسطة أو المتوسط الحسابي $\overline{X}$ لمجموعة n من القراءات $(X_1, X_2, X_3 .....X_n)$ هي مجموع هذه القراءات مقسوماً على عددها n. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n}{n} \qquad (١- ٨)$$

١- ٥- ٢ الانحراف deviation

يعرف انحراف القراءة i ويرمز له بالرمز (d_i) لمجموعة من القراءات، بأنه الفارق بين القراءة X_i والقيمة المتوسطة لمجموعة القراءات $\overline{X}$. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$d_i = X_i - \overline{X} \qquad (١- ٩)$$

ويلاحظ أن المجموع الجبري لهذه الانحرافات لابد أن يساوي صفراً. ويعرف رياضيا كما يلي:

$$d_1 + d_2 + d_3 + \ldots + d_n = 0 \qquad (١-١٠)$$

حيث:

$$\sum_{i=1}^{n} d_i = X_1 - \overline{X} + X_2 - \overline{X} \ldots\ldots + X_n - \overline{X} = X_1 + X_2 + \ldots - X_n - \overline{X} - \overline{X} - \ldots\ldots - \overline{X}$$

$$\sum_{i=1}^{n} d_i = .\sum_{i=1}^{n} X_i - n\overline{X = 0}$$

ويمكن وضع المعادلة السابقة على الصورة المختصرة:

$$\sum_{i=1}^{n} d_i = 0 \qquad (١-١١)$$

وذلك لأن الانحراف قد يكون سالباً كما أنه يمكن أن يكون موجباً.

١- ٥- ٢- ١ الانحراف المتوسط Average deviation

الانحراف المتوسط (D) هو المتوسط الحسابي للقيم المطلقة للانحرافات. وتعرف رياضياً كما يلي:

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + \ldots + |d_n|}{n} \qquad (١-١٢)$$

١- ٥- ٢- ٢ الانحراف المعياري Standard deviation

الانحراف المعياري (S) لمجموعة من القيم هو مقياس لاختلاف هذه القيم عن القيمة المتوسطة. ويعرف رياضياً كما يلي:

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \ldots + d_n^2}{n \text{ or } (n-1)}} \qquad (١-١٣)$$

وطبقاً لعلم الإحصاء، إذا كان عدد القراءات ($n < 30$) يؤخذ في المقام القيمة (n-1) وإذا كان عدد القراءات ($n \geq 30$) يؤخذ في المقام القيمة n، حيث إنه في هذه الحالة لن تختلف النتيجة بالقسمة على n أو n-1.

مثال رقم (١- ٣)

من الجدول التالي، احسب:

(أ) المتوسط الحسابي للقراءات $\overline{X}$.

(ب) انحراف كل قيمة d_i.

(ج) المجموع الجبري للانحرافات $\sum_{i=1}^{n} d_i$.

(د) الانحراف المتوسط D.

(ه) الانحراف المعياري S.

المتغير	القيمة
X_1	50.1
X_2	49.7
X_3	49.6
X_4	50.2

جدول رقم (١- ٣) بيانات مثال رقم (١- ٣)

الحل:

(أ) المتوسط الحسابي $\overline{X}$:

$$\overline{X} = \frac{50.1 + 49.7 + 49.6 + 50.2}{4} = 49.9$$

(ب) انحراف كل قيمة d_i:

$$d_1 = 50.1 - 49.9 = 0.2$$

$$d_2 = 49.7 - 49.9 = -0.2$$

$$d_3 = 49.6 - 49.9 = -0.3$$

$$d_4 = 50.2 - 49.9 = 0.3$$

(ج) المجموع الجبري للانحرافات $\sum_{i=1}^{n} d_i$:

$$\sum_{i=1}^{4} d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = 0.2 - 0.2 - 0.3 + 0.3 = 0$$

(د) الانحراف المتوسط D:

$$D = \frac{|0.2| + |-0.2| + |-0.3| + |0.3|}{4} = \frac{1}{4} = 0.25$$

(٥) الانحراف المعياري S:

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2}{4-1}} = \sqrt{\frac{0.2^2 + 0.2^2 + 0.3^2 + 0.3^2}{3}} = 0.294$$

١- ٦ الأخطاء المحدودة Limiting Errors

ينص معظم مصنعي أجهزة القياس على أن دقة جهاز القياس محددة بنسبة مئوية من قراءة الحد الأعلى لتدريج القياس Full scale reading. كمثال يمكن أن يصف أحد مصنعي جهاز قياس الجهد الكهربائي voltmeter أن خطأ قراءة الجهاز في حدود 2% ±من أعلى تدريج للجهاز. هذه المواصفات تسمى الأخطاء المحدودة وتعني أن القراءة عند أعلى تدريج للجهاز صحيحة بحدود نسبة خطأ 2%. إلا أنه للقراءات الأقل من التدريج الأعلى للجهاز فإن نسبة الخطأ تكون أكبر من نسبة 2%. ولهذا فإنه من الأهميةاختيار مدى قياس تكون القراءة فيه بقدر المستطاع بالقرب من أعلى تدريج.

مثال رقم (١- ٤)

إذا كان أعلى تدريج للقياس لجهاز قراءة الجهد الكهربائي يساوي 300 v وبنسبة خطأ تعادل % 2 من أعلى تدريج للجهاز. احسب النسبة المئوية للخطأ المحدود للجهاز في حالة قراءة جهد كهربائي مقداره 120 v.

الحل

قيمة الخطأ المحدود عند أعلى تدريج:

$$\text{Limiting Error at full scale} = 0.02 \times 300\text{ v} = 6\text{ v}$$

النسبة المئوية للخطأ المحدود عند 120 v:

$$\text{Limiting Error at } 120\text{ v} = \frac{6}{120} \times 100\,\% = 5\,\%$$

١- ٧ عناصر أجهزة القياس الإلكترونية Elements of Electronic Instruments

تتكون أجهزة القياس الإلكترونية من العناصر المبينة بشكل رقم (١- ١). وهذه العناصر هي:



شكل رقم (١- ١) عناصر جهاز القياس الإلكتروني

(١) محول طاقة Transducer: لتحويل الكميات المقاسة غير الكهربائية إلى كميات كهربائية

(٢) معدل إشارة Signal Modifier: لتعديل الإشارة الكهربائية الآتية من محول الطاقة ليجعلها مناسبة للتطبيق على جهاز البيان. فقد تكون الإشارة الكهربائية مثلاً صغيرة ويتطلب ذلك تكبيرها لكي يستطيع جهاز البيان أن يشعر بها فهو يعمل في هذه الحالة كمكبر للإشارة؛ والعكس صحيح أيضا، فقد تكون الإشارة الكهربائية كبيرة ويتطلب ذلك تخفيضها إلى الدرجة التي يتحملها جهاز البيان فهو يعمل في هذه الحالة كمخفض للإشارة.

(٣) جهاز بيان Indicating Device: وهو جهاز قياس كهربائي عادي ذو ملف متحرك ومؤشر وتدريج مثل جهاز قياس الجهد الكهربائي (Voltmeter) أو جهاز قياس التيار (Ammeter).

وأجهزة القياس الإلكترونية تستخدم في العادة لقياس إما الكميات الكهربائية المباشرة مثل: الجهد الكهربائي والتيار الكهربائي والمقاومة الكهربائية أو الكميات الفيزيائية بعد تحويلها عن طريق المبدل إلى كمية كهربائية مثل: الضغط الجوي، أو درجة الحرارة، أو الرطوبة النسبية، أو مستوى الصوت، أو مستوى الإضاءة أو العديد من الكميات الفيزيائية الأخرى. إلا أنه في جميع الأحوال فإن انحراف مؤشر الجهاز يكون بسبب تدفق التيار الكهربائي في ملف الجهاز ويعاير تدريج الجهاز ليقرأ الكمية الفيزيائية المنوط بالجهاز قياسها.

١- ٨ اختيار واستخدام والعناية بأجهزة القياس
Selection, Usage and Care of Measuring Instruments

في الواقع فإن معظم أجهزة القياس هي أجهزة حساسة ويجب أن تعامل بعناية خاصة وبطريقة صحيحة. وفي الحقيقة فإن أكثر الأجهزة المتاحة دقة، قد لا تعطي قراءات صحيحة إذا عوملت بطريقة غير صحيحة، ولذلك فإن هناك بعض القواعد الأساسية التي تؤمن سلامة الجهاز ودقة نتائج القراءات.

قبل استخدام الجهاز لابد أن تكون معتاداً على طريقة استخدامه. وأفضل مصدر للمعلومات المطلوبة عن طريقة التعامل مع الجهاز وطريقة تشغيله هو كتيب التعليمات الخاص بالجهاز (الكتالوج الخاص به) أو (The operating and instructions manual)، الذي يحتوي كل البيانات التي ترجوها لاستخدام الجهاز. وهذا الكتالوج يجب أن يقرأ بكل عناية قبل استخدام الجهاز لأول مرة للحصول على المعلومات اللازمة لوظائف الجهاز و طرق استخدامه وطرق حفظه وتخزينه والإجراءات التي يجب اتباعها لتأمين سلامته وموانع ونواهي استخدامه (حدود الاستخدام). ولاختيار الجهاز بصورة صحيحة، طبقاً للوظيفة بطبيعة الحال، فإن درجة الدقة المطلوبة من الجهاز تتناسب مع سعر الجهاز. وبعد اختيار الجهاز لابد من فحص بصري للجهاز لملاحظة أي عيب ظاهر به مثل: مؤشر معوج، أطراف توصيل تالفة، تدريج غير ظاهر، وخلافه. ويجب أيضا فحص بطارية الجهاز وتغييرها إذا لزم الأمر. وعند توصيل الجهاز في الدائرة الكهربائية يجب التأكد من أن مفتاح اختيار الوظيفة مضبوط على الوضع الصحيح. يجب أيضاً التأكد من الاختيار الصحيح لمدى القياس، أو اختيار أكبر مدى للقياس لضمان سلامة الجهاز، ثم يعاد اختياره أثناء القراءة إذا كان المدى غير مناسب وذلك للحصول على القراءة أقرب ما يكون للمدى الأقصى كما ذكر سابقاً.

تدريبات على الوحدة الأولى

١- ١ إذا مر تيار كهربائي في مقاومة كهربائية مقداره 1.5 A ، وعند قياسه أظهر جهاز القياس قيمة تعادل 1.46 A . احسب قيمة الخطأ المطلق (e_{ab}) والنسبة المئوية للخطأ($e_{\%}$).

١- ٢ إذا كانت قيمة مقاومة كهربائية طبقاً لكود الألوان تساوي 2 kΩ ، إلا أن القياسات أظهرت قيمة تعادل 1.93 kΩ ، احسب:

(أ) الدقة النسبية للقياس.

(ب) النسبة المئوية لدقة القياس.

١- ٣ إذا كانت القيمة المتوسطة لمجموعة قراءات للجهد الكهربائي هي 30.15 V، احسب دقة قراءة تساوي 29.9 V .

١- ٤ قام ستة من المتدربين بقراءة جهد على جهاز فولتميتر، فكانت القراءات كالآتي:

المتدربين	القراءة (volts)
(1)	20.20
(2)	19.90
(3)	20.05
(4)	20.10
(5)	19.85
(6)	20.00

بين أياً من هذه القراءات الست أكثرها دقة.

١- ٥ أجريت عملية قياس لقطر موصل نحاسي على امتداد طوله فكانت القراءات كما يلي:

رقم القراءة	القطر (mm)
1	2.21
2	2.18
3	2.20
4	2.21
5	2.17
6	2.19

(أ) احسب دقة قياس كل قراءة.

(ب)احسب الدقة المتوسطة للقراءات.

١- ٦ إذا كانت دقة مقياس للجهد توصف بمقدار 98% من القيمة العظمى لقراءاته:

(أ) كم تبلغ قيمة الخطأ المطلق لقراءة مقدارها 175 V على مدى قياس قيمته 300 V

(ب) كم تبلغ النسبة المئوية لهذا الخطأ في الجزء (أ)

١- ٧ إذا كان المطلوب هو الحصول على دقة لقراءة الجهد بمقدار وحدة واحدة في جهاز للقياس يحتوي على ٣٠٠ وحدة. فما هي دقة الجهاز المستخدم؟

١- ٨ عند مراجعة علامات الترقيم الملونة لثمانية مقاومات كهربائية متطابقة، وجد أن قيمتها تساوي 5.6 kΩ لكل مقاومة، وعند إجراء عمليات قياس لهذه المقاومات الثمانية كانت النتائج كالآتي:

رقم المقاومة	قيمة المقاومة (kΩ)
1	5.75
2	5.60
3	5.65
4	5.50
5	5.70
6	5.55
7	5.80
8	5.55

احسب الانحراف المعياري لهذه القراءات.

١- ٩ قام ثمانية من الطلاب بضبط التردد في إحدى دوائر الرنين، وسجلت ترددات الرنين كالآتي:

رقم القراءة	تردد الرنين (kHz)
1	532
2	548
3	543
4	535
5	546
6	531
7	543
8	536

احسب من هذا الجدول:

(أ) القيمة المتوسطة للقراءات.

(ب) الانحراف المتوسط.

(ت) الانحراف المعياري.

١- ١٠ إذا كانت دقة القراءة لمقياس جهد ذي تدريج أقصى مقداره 300V في حدود 2% من الحد الأقصى للقراءة. احسب الخطأ المحدود للقراءة عند استخدامه لقراءة جهد مقداره 120 V.